Journal of Agroecology
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

Research Article
Vol. 15, No. 3, Fall 2023, p. 467-480

Effect of Aeration Time and Ratio on Some Chemical Properties of Aerobic Tea of Cow Manure and Vermicompost

Niloofar Montazami[1], Akram Halajnia[2*], Reza Khorasani[3] and Amir Fotovat[4]

Received: 08-09-2021 Revised: 20-12-2021 Accepted: 28-12-2021 Available Online: 28-12-2021	**How to cite this article:** Montazami, N., Halajnia, A., Khorasani, R., & Fotovat, A. (2023). Effect of aeration time and ratio on some chemical properties of aerobic tea of cow manure and vermicompost. *Journal of Agroecology*, *15(3)*, 467-480. DOI: 10.22067/agry.2021.72319.1065

Introduction

Organic fertilizer tea is a treated solution of organic fertilizers that contains various organic compounds, nutrients, and a wide range of microorganisms and their metabolites. In recent years, the production and use of organic tea as a liquid biological fertilizer or biological pesticide is expanding towards sustainable agriculture. There are many benefits to using tea compost, including providing nutrients for the plants that can reduce chemical fertilizers. A variety of organic compounds can be used to make tea. In the preparation of aerobic organic tea, except for the type of organic matter, preparation conditions such as particle size, temperature, aeration time and fertilizer-to-water ratio can affect the chemical and biological properties of the produced tea (Shaban et al., 2015). In this regard, the present study was conducted to investigate the effect of aeration time and fertilizer-to-water ratio on some chemical properties of cow manure and vermicompost tea.

Materials and methods

An experiment was conducted using a completely randomized design with a factorial arrangement and three replications. The treatments included aeration time (0, 24, 48, and 72 hours), fertilizer-to-water ratio (1:10, 1:25 and 1:50), and type of organic fertilizer (vermicompost and cow manure). The part passed through a 2 mm sieve, and the rest on a 0.5 mm sieve of air-dried cow manure and vermicompost were used to determine some chemical properties of organic fertilizers and make tea. After preparing the ratios with distilled water, an air pump was used for aeration. Changes in acidity (pH), electrical conductivity, dissolved organic carbon, mineral forms of nitrogen, dissolved phosphorus, and potassium in organic fertilizers tea (cow manure and vermicompost) were evaluated.

Results and discussion

The characteristics of the studied organic fertilizers showed that the total amount of nitrogen, phosphorus, and potassium in vermicompost was higher than cow manure. According to the analysis of variance, among the main effects, the effect of organic matter type on soluble organic carbon, nitrate, and the effect of ratio on nitrate were not significant. The interaction of organic matter type and time on electrical conductivity and the interaction effect of organic matter type and ratio on dissolved organic carbon was insignificant. The effect of two-factor interactions on

1- M.Sc. Student, Assistant Professor, Associate Professor and Professor, Department of Soil Science, Agricultural collage, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
(*- Corresponding author's Email: halajnia@um.ac.ir)

nitrate was not significant. Among the three-factor interactions, the effect of organic matter type, time, and ratio on electrical conductivity, acidity (pH), organic carbon, and nitrate was insignificant. The results showed that aeration decreased the pH and increased the electrical conductivity in cow manure and vermicompost tea. Despite the higher total amount of nitrogen, phosphorus, and potassium in vermicompost, cow manure tea contained higher amounts of soluble ammonium, phosphorus, and potassium compared to vermicompost tea. The chemical structure of organic matter and the distribution of elements in different organic and inorganic fractions can effectively dissolve the mineral part and the biological decomposition of the organic part. Changes in the ratio and aeration time had no significant effect on the amount of ammonium and soluble phosphorus in vermicompost tea. In cow manure tea, the highest percentage of increase in soluble phosphorus and potassium was obtained by increasing the aeration time up to 72 hours compared to the zero time (without aeration) in a ratio of 1:50. In general, organic carbon decreased as a result of aeration, and only at a ratio of 1:10, this reduction was not significant at 48 and 72 hours. The only factor affecting the amount of nitrate was the aeration time, and compared to zero time, the amount of nitrate decreased at 24 and 48 hours and increased at 72 hours.

Conclusion

The results showed that the effect of aeration time and fertilizer-to-water ratio on nutrient concentrations in teas made from cow manure and vermicompost was different. Despite the higher total concentration of nutrients in vermicompost, the vermicompost tea contained lower amounts of nutrients than cow manure tea. In other words, the total amount of nutrients in organic fertilizer cannot determine their amount in the produced tea.

Keywords: Organic fertilizer tea, Aerobic extraction, Liquid organic fertilizer

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

مقاله پژوهشی
جلد ۱۵، شماره ۳، پاییز ۱٤۰۲، ص ٤٨٠-٤٦٧

تأثیر زمان هوادهی و نسبت بر برخی ویژگی‌های شیمیایی چای هوازی کودهای گاوی و ورمی‌کمپوست

نیلوفر منتظمی[۱]، اکرم حلاج‌نیا[۲]*، رضا خراسانی[۳] و امیر فتوت[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۹/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۷

چکیده

استفاده از چای ترکیبات آلی در سال‌های اخیر به‌عنوان کود زیستی مایع یا آفت‌کش زیستی در راستای کشاورزی پایدار در حال گسترش است. علاوبر اثر نوع ماده آلی، شرایط تهیه چای بر ویژگی‌های شیمیایی و زیستی آن مؤثر است. مطالعه حاضر با آرایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و سه تکرار به‌منظور اثر زمان هوادهی و نسبت کود به آب بر برخی ویژگی‌های شیمیایی چای کودهای گاوی و ورمی‌کمپوست انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل زمان هوادهی (زمان‌های صفر، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت)، نسبت کود به آب (۱:۱۰، ۱:۲۵ و۱:۵۰) و نوع کود آلی (ورمی‌کمپوست و گاوی) بود. نتایج نشان داد که هوادهی موجب کاهش اسیدیته و افزایش هدایت الکتریکی در چای کود گاوی و ورمی‌کمپوست شد. باوجود مقدار کل بیشتر عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در ورمی‌کمپوست، چای کود گاوی حاوی مقادیر بالاتری از آمونیوم، فسفر و پتاسیم محلول نسبت به چای ورمی‌کمپوست بود. تغییر نسبت و زمان هوادهی اثر قابل توجهی بر مقدار آمونیوم و فسفر محلول در چای ورمی‌کمپوست نداشت. در چای کود گاوی بیشترین درصد افزایش فسفر و پتاسیم محلول تحت تأثیر افزایش زمان هوادهی تا ۷۲ ساعت نسبت به زمان صفر (بدون هوادهی) در نسبت ۱:۵۰ به‌دست آمد. کربن آلی در نتیجه هوادهی کاهش یافت و تنها در نسبت ۱:۱۰ این کاهش در زمان‌های ۴۸ و ۷۲ ساعت معنی‌دار نبود. تنها فاکتور مؤثر بر مقدار نیترات، زمان هوادهی بود و مقدار نیترات نسبت به زمان صفر در زمان‌های ۲۴ و ۴۸ ساعت کاهش و در زمان ۷۲ ساعت افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: استخراج هوازی، چای کود آلی، کود آلی مایع

مقدمه

وجود خاک‌های آهکی در بیشتر مناطق کشور ایران ناشی از آب و هوای خشک و نیمه‌خشک و عدم شست‌وشوی کربنات‌ها می‌باشد (FAO, 1972). کمی مواد آلی و اسیدیته (pH) بالا در خاک‌های آهکی منجر به دسترسی محدود گیاه به عناصر غذایی مختلف مانند فسفر، آهن، روی و منگنز می‌شود (Islam et al., 2009). استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی مانند نیتروژن و فسفر در جهت افزایش تولید محصولات کشاورزی و عدم کاربرد عناصر کم‌مصرف، همچنین وجود خاک‌های آهکی با ماده آلی پایین از جمله عوامل تشدیدکننده کمبود عناصر غذایی به‌ویژه عناصر کم مصرف در این خاک‌ها می‌باشد. در طولانی‌مدت مصرف کودهای شیمیایی صرف نظر از تخلیه مواد آلی به‌تدریج می‌تواند منجر به تخریب خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و همچنین آلودگی‌های زیست محیطی گردد. کاربرد کودهای آلی می‌تواند با افزایش عناصر غذایی و

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار، دانشیار و استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: halajnia@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/agry.2021.72319.1065

مواد آلی خاک، افزایش تعداد و فعالیت موجودات خاک، افزایش تنوع زیستی و بهبود ساختمان خاک بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک مؤثر باشد (Albiach et al., 2000). امروزه مصرف چای مواد آلی مانند چای کمپوست راه دیگری است که کشاورزان و تولیدکنندگان محصولات کشاورزی برای به‌کارگیری کودهای آلی انجام می‌دهند. واژه عمومی چای کمپوست را می‌توان عصاره حاصل از اضافه کردن آب به انواع مختلف کودهای آلی در طی زمان مشخص تعریف کرد که پس از فیلتر شدن به‌صورت کاربرد خاکی یا محلول‌پاشی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Barker & Bryson, 2006). به‌وسیله ورمی‌کمپوست می‌توان کودهای محلول ورمی‌واش و چای ورمی‌کمپوست را تهیه کرد که به‌عنوان جایگزین و یا به‌صورت مکمل همراه با کودهایی شیمیایی در کشاورزی ارگانیک کاربرد دارد و اثرات منحصربه‌فردی در فراهمی عناصر غذایی ایجاد می‌کنند (Fathima & Sekar, 2014). عصاره ورمی‌کمپوست ویژگی‌های میکروبی و شیمیایی سودمندتری نسبت به ورمی‌کمپوست جامد دارا می‌باشد. عصاره ورمی‌کمپوست از طرق مختلفی تولید می‌شود و حاوی فاکتورهایی از قبیل مواد مغذی، اسیدهای هومیک و فولویک، ریزجانداران مفید، هورمون‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی می‌باشد که در مدت زمان فرایند عصاره‌گیری از ورمی‌کمپوست خارج شده است. احتمالاً این مواد از عوامل مهمی برای رشد و جوانه‌زنی بهتر گیاهان به شمار می‌روند (Gopal et al., 2010). فن‌آوری چای کمپوست از سال ۱۹۸۰ در آمریکا مورد بررسی قرار گرفت. عصاره خانگی چای کمپوست بنام «چای کمپوست بدون هوادهی یا غیر فعال» به‌منظور استخراج میکروب‌های بی‌هوازی و مواد مغذی از طریق به تعلیق درآوردن چند روزه کیسه محتوی کمپوست در ظرف آبی به‌دست می‌آید، که کاربرد آن موجب بهبود سلامتی و شادابی در گیاهان می‌گردد (Naidu et al., 2010; Ingham, 2005; Scheuerell & Mahaffee, 2002). تولید چای کمپوست هوادهی شده اخیراً در مقیاس‌های بزرگ انجام می‌پذیرد. این نوع چای کمپوست در مدت زمان کمتری تولید می‌شود و با ورود اکسیژن، عناصر غذایی و شروع‌کننده‌های میکروبی شامل میکروب‌ها و عناصر غذایی هوازی، فعالیت زیستی در چای کمپوست را افزایش می‌دهد (Naidu et al., 2010; Scheuerell & Ingham, 2005; Mahaffee, 2004) چای کمپوست به دو روش خاکی یا به‌صورت برگ‌پاشی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در مورد فواید کاربرد خاکی می‌توان به مواردی از قبیل کمک به توسعه سد زیستی در اطراف ریشه، فراهم کردن مواد مغذی، افزایش فعالیت‌های زیستی خاک، تأثیر بر ساختار فیزیکی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش توسعه عمق ریشه، تأثیر بر چرخه مواد مغذی و از بین بردن عوامل بیماری‌زا اشاره کرد (Ingham, 2005). افزایش کاربرد چای کمپوست به‌صورت خاکی یا محلول‌پاشی در مقابله با عوامل بیماری‌زا، بسیاری از محققان را ترغیب کرده است تا عملکرد آن را بدون استانداردسازی کیفیت آن ارزیابی کنند، بنابراین نتایج متناقض و بحث برانگیزی به‌دست می‌آورند. اثرات کودی و آفت‌کشی چای کمپوست به‌دلیل خصوصیات شیمیایی، میکروبی و زیستی آن است که به‌شدت تحت تأثیر نوع ماده آلی مورد استفاده و شرایط تهیه آن قرار دارد (Islam et al., 2016). علاوبر نوع ترکیب آلی مورد استفاده در تهیه چای سایر عوامل از قبیل دما، نسبت ماده آلی به آب و زمان هوادهی بر خصوصیات چای حاصل مؤثر است (Shaban et al., 2015). با توجه به مطالب ذکر شده، این مطالعه با هدف مطالعه تأثیر زمان هوادهی و نسبت مورد استفاده در تهیه چای دو نوع ماده آلی کود گاوی و ورمی‌کمپوست حاصل از آن بر برخی ویژگی‌های شیمیایی چای حاصل می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه، آماده‌سازی و اندازه‌گیری برخی از ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی: ابتدا سه کیلوگرم کود گاوی و پنج کیلوگرم ورمی‌کمپوست حاصل از آن از شرکت دانش سبز واقع در دانشگاه فردوسی تهیه شد. جهت انجام آنالیزهای اولیه کودهای آلی هوا خشک و از الک ۲ و ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شد. بخش عبور کرده از الک ۲ و باقی‌مانده بر روی الک ۰/۵ مورد استفاده قرار گرفت. اسیدیته (pH) کودهای آلی (کود گاوی و ورمی‌کمپوست) با استفاده از دستگاه پی‌اچ متر (مدل METROHM632) در نسبت ۱:۵ کود به آب تعیین گردید و بعد از عبور از کاغذ صافی قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره توسط دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی (مدل JENWAY-430) اندازه‌گیری شد. مقدار نیتروژن کل به‌روش کجلدال (Bremner & Mulvaney, 1982) در کودهای آلی مورد مطالعه تعیین شد. در این روش، ابتدا نمونه‌های کودی همراه با اسید سولفوریک غلیظ و کاتالیزور حرارت داده شدند و سپس مقدار آمونیوم تولید شده در دستگاه تقطیر کجلدال تعیین گردید. جهت تعیین مقدار کل فسفر و

پتاسیم، نمونه‌های کودی در ابتدا در کوره دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد خاکستر شدند و سپس خاکستر حاصل در اسید کلریدریک دو نرمال حل و مقدار فسفر در عصاره حاصل به‌روش رنگ‌سنجی (Murphy & Riley, 1962) بـا اسـتفاده از دسـتگاه اسـپکتروفتومتر (مـدل WPA2000) و پتاسـیم بـا اسـتفاده از دستگاه فلـیم‌فتـومتر (مـدل JENWAY-PFP7) اندازه‌گیری شد.

اعمال تیمارهای آزمایش: به‌منظور مطالعه اثر زمان هوادهی و نسبت کود به آب بر برخی ویژگی‌های شیمیایی چای کودهای آلی، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل و سه تکـرار در شرایط آزمایشگاهی در آزمایشگاه علوم خاک دانشـکده کشـاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۹ انجام پذیرفت. برای تهیه چای کود آلی، عصاره‌گیری در نسبت‌هـای مختلـف ۱:۱۰، ۱:۲۵ و ۱:۵۰ بـا اضافه کردن ۲۰۰ سی‌سی آب دوبار تقطیر به‌ترتیب به مقادیر ۲۰، ۸ و ۴ گرم از هر نوع کود درون ظروف پلاستیکی و در زمـان‌هـای صـفر، ۲۴ ، ۴۸ و ۷۲ ساعت هوادهی با استفاده از دستگاه پمپ هوا در دمای بین ۲۸–۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. پس از آن عصاره‌های حاصل با استفاده از کاغذ صـافی واتمـن شـماره ۴۲ فیلتـر شـدند و اسـیدیته (pH)، قابلیت هدایت الکتریکی، فسفر به‌روش رنگ‌سنجی با اسـتفاده از دسـتگاه اسـپکتروفتومتر (Murphy & Riley, 1962)، پتاسـیم بـا استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر (Jenway PFP7)، کـربن آلـی محلـول به‌روش اکسایش با دی کرومات پتاسیم در مجاورت اسید سـولفوریک غلیظ (Walkley & Black, 1934)، نیترات و آمونیوم بـا اسـتفاده از اکسید منیزیم و آلیاژدواردا در سیسـتم تقطیـر کجلـدال در تیمارهـای مورد آزمایش اندازه‌گیری شد. در پایان تجزیه آمـاری داده‌هـا بـا نـرم افزار JMP و مقایسه میانگین داده‌ها بـا اسـتفاده از آزمـون تـوکی در سطح احتمال خطای پنج درصد و رسـم نمودارهـا در محـیط Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده در تهیـه چای کود آلی در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی مورد مطالعه

Table 1- Some chemical properties of studied organic fertilizers

ویژگی Property	ورمی‌کمپوست Vermicompost (v)	کود گاوی Cow manure (m)
نیتروژن کل Total N ($g.kg^{-1}$)	16.37	6.3
فسفر کل Total P ($g.kg^{-1}$)	14.56	7.75
پتاسیم کل Total K ($g.kg^{-1}$)	9.8	8.61
درصد خاکستر Ash (%)	57.13	38.46
هدایت الکتریکی(1:5) EC ($dS.m^{-1}$) (1:5)	4.73	6.68
اسیدیته (1:5) pH (1:5)	8.59	8.91

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر برخی خصوصـیات شیمیایی چای مواد آلی در جدول ۲ آورده شده است. بر اساس جـدول ۲ در بین اثرات ساده تأثیر نوع ماده آلی بر کربن آلی محلول، نیتـرات و تأثیر نسبت کود به آب بر نیترات معنی‌دار نبود. در بین اثرات دوگانه اثر متقابل نوع ماده آلی و زمان بر هدایت الکتریکی، نوع مـاده آلـی و نسبت بر کربن آلی محلول معنی‌دار نبـود. تـأثیر هـیچ یـک از اثـرات دوگانه بر نیترات معنی‌دار نبود. در بین اثرات متقابل سه گانه تأثیر نوع ماده آلی، زمان و نسبت مورد استفاده بر هـدایت الکتریکـی، اسـیدیته (pH)، کربن آلی و نیترات معنی‌دار نبود.

نتایج مقایسه میانگین مقادیر اسیدیته (pH) تحت تأثیر تیمارهـای آزمایش (کود آلی، زمان هوادهی و نسبت کود به آب) در شکل ۱، ۲ و ۳ آورده شده است. مطابق شکل ۱ نتایج نشان می‌دهـد کـه اسـیدیته (pH) تحت تأثیر هوادهی در همه نسبت‌ها کاهش معنی‌دار پیدا کـرد. هرچند افزایش زمان هوادهی از ۲۴ تا ۷۲ ساعت تأثیر قابـل تـوجهی

بر مقدار اسیدیته (pH) نداشت. بیشترین اسیدیته (pH) در زمان صفر در نسبت ۱:۲۵ و کمترین اسیدیته (pH) در نتیجه ۷۲ ساعت هوادهی در نسبت ۱:۵۰ به‌دست آمد. در پژوهش گرلیکزی و همکاران (Gorliczay et al., 2018) اثر زمان هوادهی و نسبت بر خصوصیات چای کمپوست بررسی شد. نتایج آن‌ها نشان داد که در نسبت ۱:۵۰، مقدار اسیدیته (pH) در زمان‌های ۲۴ و ۴۸ ساعت را در مقایسه با نسبت ۱:۱۰ کاهش یافت، در حالی‌که در زمان ۷۲ ساعت، این تغییر اسیدیته (pH) به‌صورت افزایشی مشاهده شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نوع کود آلی، نسبت و زمان هوادهی بر برخی پارامترهای شیمیایی چای تولید شده

Table 2– Analysis of variance (mean of squares) of the effect of organic fertilizer type, ratio, and aeration time on some chemical parameters of the produced tea

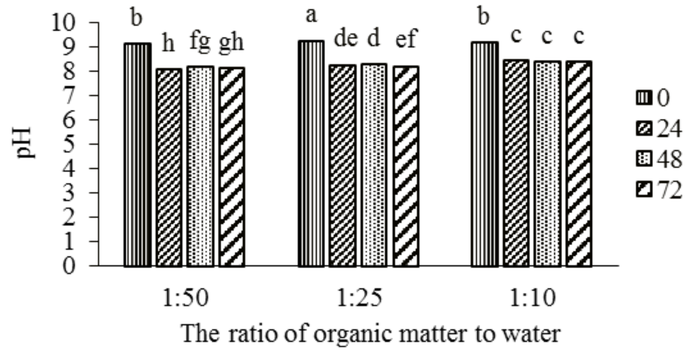
منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	نیتروژن- نیتراتی $N\text{-}NO_3^-$	نیتروژن- آمونیومی $N\text{-}NH_4^+$	کربن آلی OC	فسفر P	پتاسیم K	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH
ماده آلی Organic matter (a)	1	131.04^{ns}	40100.4*	18696.9^{ns}	20229.6*	320494.3*	4.888*	0.040*
زمان هوادهی Aeration time (b)	3	4243.16*	56866.94*	1196259.9*	26265.2*	604127.7*	12.959*	11.512*
نسبت ماده آلی به آب Organic matter to water ratio (c)	2	672.36^{ns}	26023.3*	718168.1*	12140.8*	3192123.2*	82.221*	0.662*
a×b	3	192.99^{ns}	30764.4*	73730.2*	14619.3*	32027.9*	0.077^{ns}	0.388*
b×c	6	1423.62^{ns}	24507.8*	591624.1*	2775.3*	146146.8*	2.241*	0.223*
a×c	2	333.99^{ns}	8852.4*	27760.9^{ns}	5408.4*	122130*	1.289*	0.048*
a×b×c	6	156.14^{ns}	10834.1*	30438.5^{ns}	1878.1*	106850*	0.152^{ns}	0.0148^{ns}

*: معنی‌داری در سطح پنج درصد و ^{ns}: عدم معنی‌داری

*: Significant at the 5% levels and ^{ns}: non-Significant

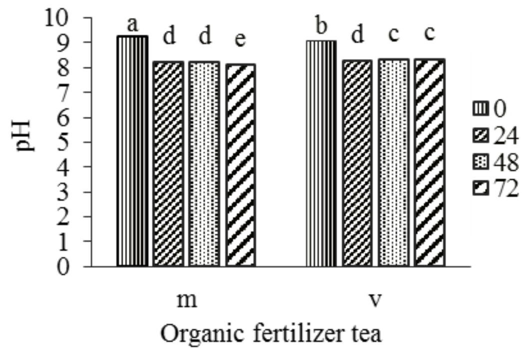
شکل ۲ اثر متقابل نوع کود آلی و زمان هوادهی را بر اسیدیته (pH) چای حاصل نشان می‌دهد. بر این اساس در هر دو نوع کود آلی هوادهی موجب کاهش اسیدیته (pH) نسبت به زمان صفر شد. در زمان صفر اسیدیته (pH) چای کود گاوی بیشتر از چای ورمی‌کمپوست بود که با توجه به اسیدیته (pH) اولیه اندازه‌گیری شده دو ماده آلی مورد مطالعه مطابق جدول ۱، این نتیجه دور از انتظار نبود. افزایش زمان هوادهی موجب کاهش اسیدیته (pH) در هر دو چای ماده آلی شد که در زمان ۲۴ ساعت تفاوت بین اسیدیته (pH) دو نوع چای معنی‌دار نبود. روند کاهشی اسیدیته (pH) در مورد چای کود گاوی دیده شد، ولی در مورد چای ورمی‌کمپوست بعد از ۲۴ ساعت تا ۷۲ ساعت اندکی افزایش در مقدار اسیدیته (pH) رخ داد. کمترین اسیدیته (pH) در تیمار چای کود گاوی در زمان ۷۲ ساعت هوادهی به‌دست آمد. به نظر می‌رسد با افزایش مدت زمان هوادهی، با افزایش تولید اسید آلی مانند اگزالات، سیترات و مالات به‌دلیل تجزیه میکروبی اسیدیته (pH) کاهش می‌یابد (Yan et al., 1996). در پژوهش مارتین و همکاران (Martin et al., 2012) تأثیر نوع ماده آلی، هوادهی و زمان فرآوری بر خصوصیات چای کمپوست مطالعه شد. نتایج آن‌ها نشان داد که در چای کمپوست چمن با افزایش زمان هوادهی مقدار اسیدیته (pH) کاهشی بوده، امّا در چای کمپوست برگ موز تغییرات اسیدیته (pH) ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. کیم و همکاران (Kim et al., 2015) گزارش کردند که پس از یک روز هوادهی، میزان اسیدیته (pH) در همه چای کودهای مورد مطالعه (کمپوست کاه برنج، کمپوست گیاهان دارویی، ورمی‌کمپوست و ترکیب کمپوست‌ها) در طی دوره انکوباسیون به‌مقدار کمی (۹/۹-۲/۲ درصد) افزایش یافت. به‌طوری‌که چای ورمی‌کمپوست و چای کمپوست گیاهان دارویی دارای بیشترین و کمترین میزان اسیدیته (pH) به‌ترتیب به‌مقدار ۸/۵۴ و ۷/۹۰ بعد از پنج روز هوادهی بودند. کان و همکاران (Koné et al., 2010) نیز اظهار داشتند که اسیدیته (pH) چای کمپوست از ۵/۹۲ (کود گوسفندی) تا ۶/۵۷ (کود مرغ) متغیر بود. به عبارت دیگر، نوع ماده آلی مورد استفاده در تهیه چای کمپوست، نسبت مورد استفاده و زمان هوادهی می‌تواند بر ویژگی‌های چای کمپوست حاصل مؤثر باشد. مطابق شکل ۳ با افزایش نسبت آب به ماده آلی مورد استفاده در هر دو نوع ماده آلی اسیدیته (pH) کاهش یافت. در نسبت ۱:۵۰ تفاوت معنی‌داری بین دو نوع چای کود آلی

مشاهده نشد. نتایج اسلام و همکـاران (Islam et al., 2016) نشـان دادند که اسیدیته (pH) چای کمپوست (بقایای زیتـون، کـود گـاوی و کاه گندم) به‌طور قابل توجهی تنها تحت تأثیر مدت زمان فرآوری و تا حدودی تحت تأثیر درجه حرارت قرار گرفت. این در حالی بود که اثـر نسبت ماده آلـی بـه آب و زمـان هـوادهی بـر مقـدار اسـیدیته (pH) معنی‌دار نبود. نتایج متفاوت به‌دست آمده در تحقیقات مختلف می‌تواند ناشی از تفاوت در نوع ماده آلی و شرایط تهیه چـای از قبیـل مـدت و مقدار هوادهی، نسبت و دما باشد.



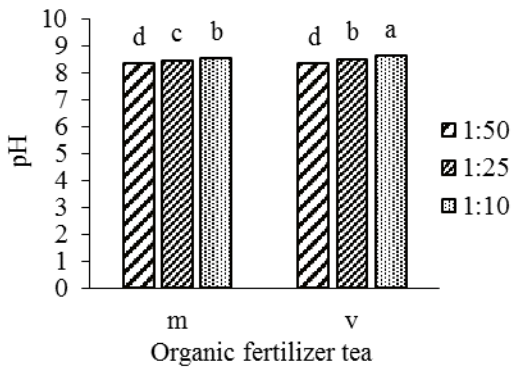
شکل ۱- اثر نسبت (ماده آلی به آب) و زمان هوادهی (ساعت) بر اسیدیته (pH) چای کود آلی

Fig. 1- The effect of ratio (organic matter to water) and aeration time (hours) on the pH of organic fertilizer tea



شکل ۲- اثر تأثیر نوع ماده آلی (چای کود گاوی (m) و چای ورمی‌کمپوست (v)) و زمان (ساعت) بر اسیدیته (pH) چای تولید شده

Fig. 2- The effect of organic matter type (cow manure tea (m) and vermicompost tea (v)) and time (hours) on the pH of the produced tea

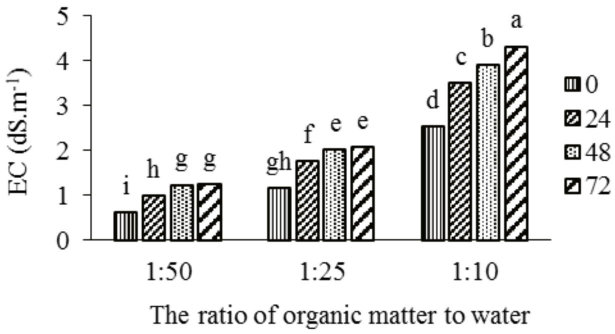


شکل ۳- اثر نوع ماده آلی (چای کود گاوی (m) و چای ورمی‌کمپوست (v)) و نسبت (ماده آلی به آب) براسیدیته (pH) چای تولید شده

Fig. 3- The effect of organic matter type (cow manure tea (m) and vermicompost tea (v)) and ratio (organic matter to water) on the pH of the produced tea

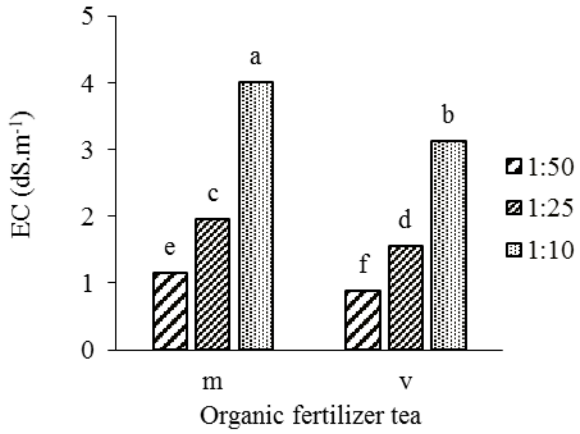
صرف نظر از نوع ماده آلی اثر متقابل زمان و نسبت بر هدایت الکتریکی چای کمپوست در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطور که انتظار می‌رفت، افزایش نسبت آب به مقدار ماده آلی در تهیه چای با رقیق شدن نمک‌های محلول موجب کاهش هدایت الکتریکی شد. بر این اساس نسبت ۱:۵۰ دارای کمترین مقدار هدایت الکتریکی در همه زمان‌های هوادهی بود. افزایش زمان هوادهی با تأثیر بر افزایش انحلال نمک‌های معدنی و تجزیه مواد آلی در نتیجه افزایش فعالیت ریزجانداران موجب افزایش هدایت الکتریکی در هر سه نسبت مورد مطالعه شد. در پژوهش گرلیکزی و همکاران (Gorliczay et al., 2018) نشان داده شد که هدایت الکتریکی محلول استخراج شده بعد از ۲۴ ساعت انکوباسیون به‌جز در نسبت ۱:۱۰، همواره کمتر از زمان انکوباسیون ۷۲ ساعت بود. در پژوهشی دیگر، کیم و همکاران (Kim et al., 2015) نشان دادند که مقادیر هدایت الکتریکی در همه چای های کمپوست هوادهی (کمپوست گیاهان دارویی، ورمی‌کمپوست و ترکیب کمپوست‌ها) به‌جز چای کمپوست کاه برنج پس از انکوباسیون یک روزه به‌طور قابل توجهی (۱۸/۳-۴۹/۲ درصد) افزایش یافت. به‌طوری‌که بالاترین سطح هدایت الکتریکی در مخلوط کمپوست گیاهان دارویی و ورمی‌کمپوست به‌مدت پنج روز پس از انکوباسیون به‌دست آمد. در شکل ۵ نیز تأثیر افزایش نسبت آب به مقدار ماده آلی بر هدایت الکتریکی نشان داده شده است. به‌جز این که در همه نسبت ها هدایت الکتریکی چای کود گاوی بیشتر از چای ورمی‌کمپوست بود که با خصوصیات ارائه شده دو ماده آلی در جدول ۱ مطابق است. مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۱ هدایت الکتریکی کود گاوی بیشتر از ورمی‌کمپوست بود که نشان‌دهنده حضور نمک‌های معدنی بیشتر در آن می‌باشد. کان و همکاران (Koné et al., 2010) نیز مقادیر هدایت الکتریکی را در چای کودهای مرغی، گوسفندی، گاوی و جلبک دریایی بررسی و بیان کردند که بالاترین میزان هدایت الکتریکی در چای کود مرغ و به دنبال آن چای کمپوست جلبک دریایی مشاهده شد. همچنین هاگگ و صابر (Haggag & Saber, 2007) توصیف کردند که مقدار هدایت الکتریکی و اسیدیته (pH) در چای کمپوست باقی‌مانده‌های گیاهی (خاکستر برنج، کاه لوبیا و ضایعات غذایی رویشی) بیشتر از کود مرغی است. به‌طور مشابهی، نتایج اسلام و همکاران (Islam et al., 2016) نشان داد که اثر نسبت کود به آب و زمان بر مقدار هدایت الکتریکی چای کمپوست معنی‌دار (سطح احتمال ۰/۰۱ درصد) بود. به‌طوری‌که مقادیر هدایت الکتریکی با افزایش زمان و نسبت کود به آب از ۱:۱۰ به ۱:۲/۵ افزایش یافت.

با وجود مقدار بیشتر پتاسیم کل در ورمی‌کمپوست (جدول ۱)، به‌طور میانگین مقدار پتاسیم در چای کود گاوی ۱/۴ برابر بیشتر از مقدار پتاسیم در چای ورمی‌کمپوست بود (شکل ۶). این نتیجه نشان می‌دهد که تنها مقدار کل یک عنصر در ماده آلی نمی‌تواند تعیین کننده مقدار محلول آن عنصر در چای حاصل باشد. به عبارت دیگر، ساختار شیمیایی ماده آلی مورد استفاده و چگونگی توزیع عنصر در اجزای مختلف آلی و معدنی آن می‌تواند بر انحلال بخش معدنی و تجزیه زیستی بخش آلی آن مؤثر باشد. مطابق نتایج ارائه شده در شکل ۶ همان‌طور که انتظار می‌رفت، در هر دو نوع ماده آلی در نسبت‌های کمتر آب به ماده آلی مقدار پتاسیم محلول بیشتر بود و هوادهی موجب افزایش مقدار پتاسیم محلول در نتیجه افزایش انحلال نمک‌های معدنی و افزایش تجزیه زیستی ترکیبات آلی در همه نسبت‌ها شد. هرچند که افزایش زمان هوادهی تا ۷۲ ساعت در نسبت ۱:۲۵ کود گاوی و ورمی‌کمپوست و در نسبت ۱:۵۰ ورمی کمپوست تأثیر معنی‌داری بر مقدار پتاسیم محلول نسبت به زمان ۲۴ ساعت هوادهی نداشت.



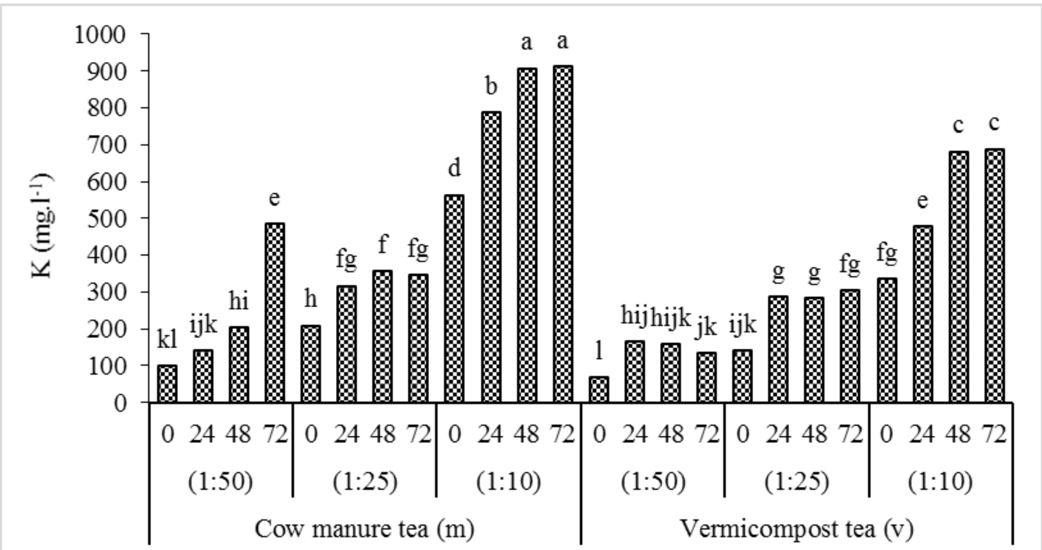
شکل ٤- اثر زمان (ساعت) و نسبت (ماده آلی به آب) بر هدایت الکتریکی (EC) چای کود آلی

Fig. 4- The effect of time (hours) and ratio (organic matter to water) on the electrical conductivity (EC) of organic fertilizer tea



شکل ٥- اثر تأثیر نوع ماده آلی (چای کود گاوی (m) و چای ورمی‌کمپوست (v)) و نسبت (ماده آلی به آب) بر هدایت الکتریکی (EC) چای ماده آلی

Fig. 5- The effect of organic matter type (cow manure tea (m) and vermicompost tea (v)) and ratio (organic matter to water) on electrical conductivity (EC) of organic matter tea

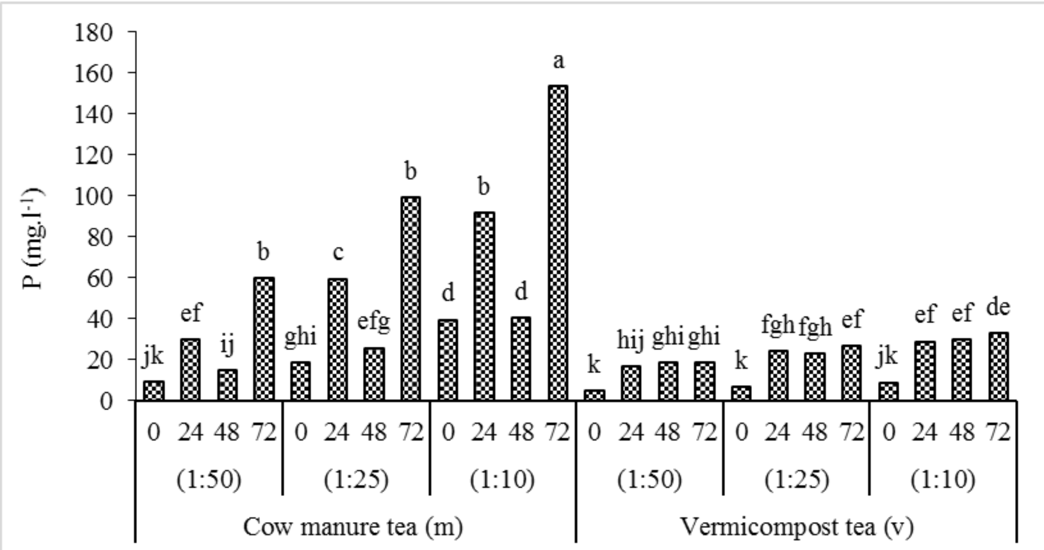


شکل ٦- اثر نوع ماده آلی (چای کود گاوی(m) و چای ورمی‌کمپوست (v))، نسبت (ماده آلی به آب) و زمان هوادهی (ساعت) بر پتاسیم محلول (K)

Fig. 6- The effects of organic matter type (cow manure tea (m) and vermicompost tea (v)), ratio (organic matter to water), and aeration time (hours) on soluble potassium (K)

تفاوت در زمان ۴۸ و ۷۲ ساعت تنها در تیمار ۱:۵۰ چای کود گاوی مشاهده شد. در این تیمار هوادهی موجب افزایش پتاسیم محلول به‌مقدار ۴/۹ و ۲/۴ برابر به‌ترتیب نسبت به زمان‌های صفر و ۴۸ ساعت گردید. پانت و همکاران (Pant et al., 2011) با بررسی چای ورمی‌کمپوست تهیه شده از کود مرغی در نسبت ۱:۱۰ کود به آب، تحت تیمار هوادهی (بدون هوادهی و هوادهی شده) بیان کردند که مقدار پتاسیم در چای ورمی‌کمپوست هوادهی نسبت به سایر تیمارهای بدون هوادهی به‌طور معنی‌داری بیشتر بود.

در مورد فسفر نیز با وجود مقدار کل بیشتر در ورمی‌کمپوست (جدول ۱)، به‌طور میانگین مقدار فسفر محلول در تیمارهای آزمایش در چای کود گاوی ۲/۷ برابر مقدار آن در تیمارهای چای ورمی‌کمپوست بود. به نظر می‌رسد که آلی شدن فسفر در نتیجه فعالیت کرم‌های خاکی در ورمی‌کمپوست بر قابلیت دسترسی و معدنی شدن آن تأثیرگذار است. در تهیه چای ورمی‌کمپوست در همه نسبت‌ها، هوادهی بر مقدار فسفر محلول تأثیر معنی‌دار داشت، هرچند که افزایش زمان هوادهی از ۲۴ تا ۷۲ ساعت تأثیر معنی‌داری بر مقدار فسفر محلول نداشت. تغییرات فسفر محلول در چای کود گاوی در نسبت‌های مختلف تحت تأثیر زمان هوادهی متفاوت بود. در حالی که هوادهی در زمان‌های ۲۴ و ۷۲ ساعت و به‌ویژه ۷۲ ساعت تأثیر معنی‌داری بر افزایش فسفر محلول داشت. در همه نسبت‌های مورد مطالعه زمان ۴۸ ساعت اثر معنی‌داری بر فسفر محلول نسبت به زمان صفر نداشت. به نظر می‌رسد، این نتیجه حاصل اثر متقابل واکنش های شیمیایی انحلال و رسوب و واکنش‌های زیستی بر چای کمپوست حاصل از کود گاوی باشد. مقدار افزایش فسفر در نتیجه ۷۲ ساعت هوادهی نسبت به زمان صفر در نسبت‌های ۱:۱۰، ۱:۲۵ و ۱:۵۰ به‌ترتیب ۳/۹، ۵/۴ و ۶/۷ برابر بود. به عبارت دیگر، درصد افزایش نسبت به تیمار بدون هوادهی در نسبت‌های بالاتر بیشتر بود. مارتین و همکاران (Martin et al., 2012) اثر انواع کمپوست (کمپوست برگ موز و کمپوست چمن) هوادهی و زمان دم کردن بر مقدار فسفر چای کمپوست را مطالعه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که بیشترین مقادیر فسفر در تیمار بدون هوادهی در هر دو چای کمپوست به‌دست آمد. این در حالی بود که بیشترین مقادیر پتاسیم در تیمار بدون هوادهی در چای کمپوست چمن مشاهده شد.

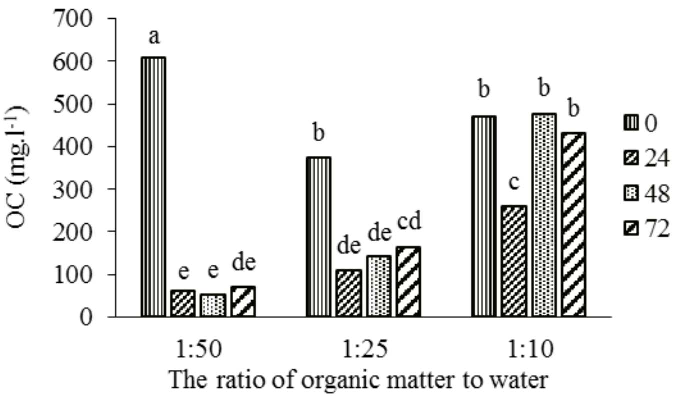


شکل ۷- اثر نوع ماده آلی (چای کود گاوی (m) و چای ورمی‌کمپوست (v))، نسبت (ماده آلی به آب) و زمان هوادهی (ساعت) بر فسفر محلول (P)

Fig. 7- The effects of organic matter type (cow manure tea (m) and vermicompost tea (v)), ratio (organic matter to water), and aeration time (hours) on soluble phosphorus (P)

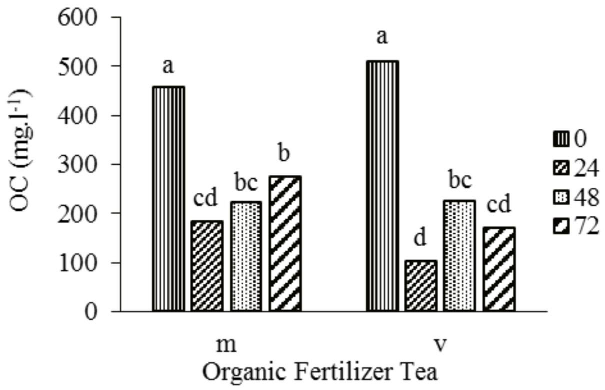
مطابق شکل ۸ اثر متقابل نسبت مورد استفاده و زمان هوادهی بر مقدار کربن آلی محلول مؤثر بود. بیشترین مقدار کربن آلی محلول در نسبت ۱:۵۰ در زمان صفر به‌دست آمد. در نسبت ۱:۲۵ و ۱:۵۰ هوادهی موجب کاهش قابل توجه کربن آلی محلول نسبت به تیمار

بدون هوادهی در زمان صفر شد. به نظر می‌رسد که با هوادهی و افزایش فعالیت ریزجانداران در این نسبت‌ها کربن آلی محلول به‌عنوان یک منبع قابل دسترس به سرعت مورد استفاده قرار گرفته است و سرعت مصرف کربن آلی بیشتر از سرعت تولید آن در نتیجه تجزیه مواد آلی بوده است. در حالی که در نسبت ۱:۱۰ در نتیجه وجود مقادیر بیشتر مواد آلی در واحد حجم محلول این اثر تا زمان ۲۴ ساعت مشاهده شد و بعد از آن با تأثیر ریزجانداران بر بخش جامد ماده آلی، کربن آلی محلول مجدد افزایش یافته است. از این جهت مقدار منابع آلی در دسترس در طی زمان می‌تواند بر مقدار کربن آلی محلول تأثیرگذار باشد. بر اساس نتایج ارائه شده در شکل ۹، نوع ماده آلی استفاده شده در تهیه چای کمپوست تأثیر معنی‌داری بر مقدار کربن آلی محلول در زمان‌های هوادهی صفر، ۲۴ و ۴۸ ساعت نداشت و تنها در زمان ۷۲ ساعت مقدار کربن آلی محلول در چای کود گاوی به‌طور معنی‌داری بیشتر از چای ورمی‌کمپوست بود. کاهش معنی‌دار کربن آلی محلول در نتیجه هوادهی در این شکل نیز مشخص است. کیم و همکاران (Kim et al., 2015) نشان دادند که اثر نسبت کود به آب و زمان بر کربن آلی چای کمپوست معنی‌دار بود. به‌طوری‌که بالاترین مقدار کربن آلی در نسبت ۱:۲/۵ کمپوست به آب مشاهده شد. به‌طور کلی، بیشترین مقدار عناصر غذایی فسفر و پتاسیم در بالاترین زمان هوادهی (۷۲ ساعت) مشاهده شد.



شکل ۸- اثر نسبت (ماده آلی به آب) و زمان هوادهی (ساعت) بر کربن آلی محلول (OC)

Fig. 8- The effect of ratio (organic matter to water) and aeration time (hours) on dissolved organic carbon (OC)



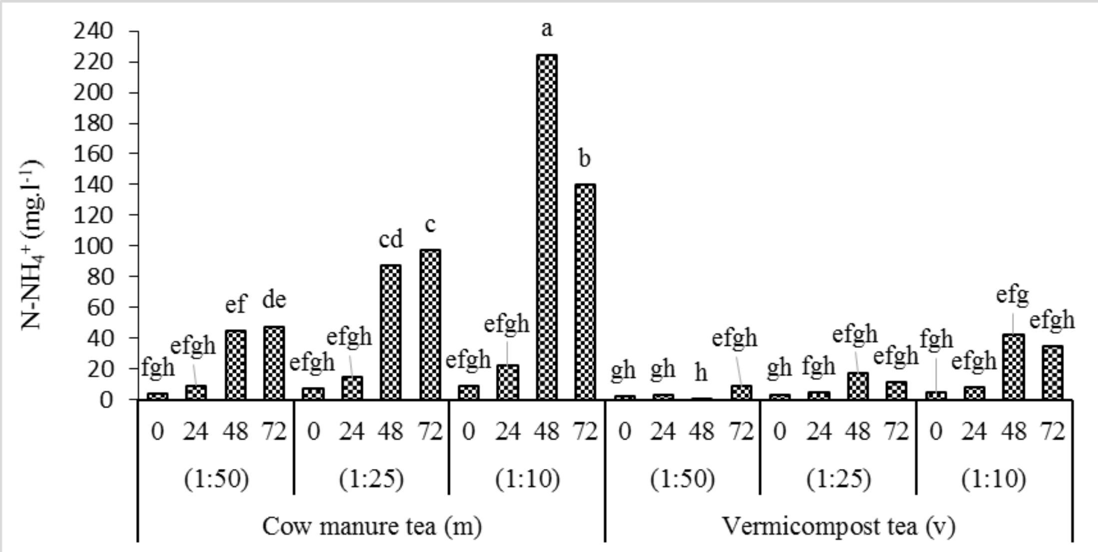
شکل ۹- اثر نوع ماده آلی (چای کود گاوی (m) و چای ورمی‌کمپوست (v)) و زمان هوادهی (ساعت) بر کربن آلی محلول (OC)

Fig. 9– The effect of organic matter type (cow manure tea (m) and vermicompost tea (v)) and aeration time (hours) on dissolved organic carbon (OC)

شکل ۱۰ اثرات متقابل سه گانه تأثیر نوع ماده آلی، نسبت و زمان هوادهی را بر مقدار آمونیوم نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به‌دست آمده مقدار آمونیوم در چای ورمی‌کمپوست در مجموع کمتر از چای کود گاوی بود و تیمارهای آزمایش تأثیر معنی‌داری بر مقدار آن

نداشت. در حالی که مقدار آمونیوم در چای کود گاوی در نتیجه هوادهی به‌مدت ۴۸ و ۷۲ ساعت با افزایش نسبت ماده آلی بـه آب در مقایسه با زمان صفر افزایش یافت. بیشترین مقدار آمونیوم در نسبت ۱:۱۰ با زمان هوادهی ۴۸ ساعت حاصل شد.

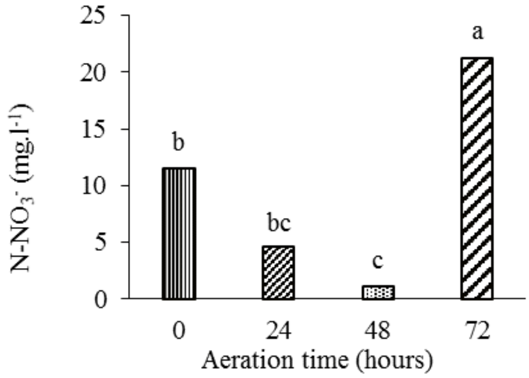
تنها فاکتور مؤثر بر مقدار نیترات زمان هوادهی بود که شکل ۱۱ نتایج تأثیر زمان هوادهی بر مقدار نیترات را نشان می‌دهد. بر اساس این نتایج روند کاهش نیترات با زمان هوادهی تا ۴۸ ساعت مشاهده شد، هرچند که در مقایسه با زمان صفر مقدار نیترات در زمان ۲۴ ساعت تفاوت معنی‌داری با زمان صفر نداشت و در زمان ۴۸ ساعت مقدار آن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. هوادهی به‌مدت ۷۲ ساعت موجب افزایش معنی‌دار نیترات نسبت به دیگر زمان‌ها شد. نتایج نشان داد که هوادهی با افزایش فعالیت‌های زیستی موجب افزایش تجزیه مواد آلی محلول شد (شکل ۹). افزایش فعالیت‌های زیستی با ایجاد رقابت در استفاده از منابع کاملاً فراهم کربن و نیتروژن (مواد آلی محلول و نیترات) می‌تواند دلیل کاهش نیترات با افزایش زمان هوادهی تا ۴۸ ساعت باشد.



شکل ۱۰- اثر نوع ماده آلی (چای کود گاوی (m)و چای ورمی‌کمپوست (v))، نسبت (ماده آلی به آب) و زمان هوادهی (ساعت) بر نیتروژن آمونیومی ($N\text{-}NH_4^+$)

Fig. 10- The triple effects of organic matter type (cow manure tea (m) and vermicompost tea (v)), ratio (organic matter to water), and aeration time (hours) on ammonium-nitrogen ($N\text{-}NH_4^+$)

با این‌حال، افزایش زمان هوادهی می‌تواند موجب افزایش تجزیه مواد آلی بخش جامد و معدنی شدن نیتروژن گردد. معدنی شدن نیتروژن با افزایش مقدار آمونیوم در زمان ۴۸ ساعت (شکل ۱۰) و تولید نیترات در زمان ۷۲ ساعت (شکل ۱۱) همراه بود. به نظر می رسد که در زمان ۷۲ ساعت در نتیجه واکنش زیستی نیتریفیکاسیون با تبدیل آمونیوم به نیترات غلظت نیترات افزایش پیدا کرده است. مارتین و همکاران (Martin et al., 2012) با بررسی اثرات و ارتباط انواع کمپوست (کمپوست برگ موز و کمپوست چمن) هوادهی و زمان دم کردن بر ویژگی‌های چای کمپوست بیان کردند که بیشترین مقدار آمونیوم و نیترات در تیمار بدون هوادهی با زمان دم کردن ۵۶ ساعت در هر دو چای کمپوست مشاهده شد. زیرا میزان و مقدار مصرف نیتروژن توسط ریزجانداران بی‌هوازی به‌طور کلی، کندتر و کمتر از ریزجانداران هوازی است.



شکل ۱۱- اثر زمان هوادهی بر نیتروژن نیتراتی ($N\text{-}NO_3^-$)
Fig. 11- Effect of aeration time on nitrate-nitrogen ($N\text{-}NO_3^-$)

نتیجه‌گیری

با افزایش علاقه بـه اسـتفاده از چـای کمپوسـت در کشـاورزی و باغداری، تقاضا برای شواهد علمی در مورد عواملی که می‌توانند برای بهینه‌سازی چای‌های کمپوست اثربخش باشند، افزایش یافتـه اسـت. نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر نشان داد که زمان هوادهی (صفر، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) و نسبت کود به آب (۱:۱۰، ۱:۲۵ و ۱:۵۰) مـی-تواند به‌طور معنـی‌داری بـر ویژگـی‌هـای شـیمیایی چـای کـود آلـی (ورمی‌کمپوست و گاوی) مـؤثر باشـد، بـه‌طـوری‌کـه در ایـن مطالعـه هوادهی احتمالاً به‌دلیل تولید اسیدهای آلی و افـزایش معـدنی شـدن مواد آلی در نتیجه افزایش فعالیت‌های زیستی موجـب کـاهش pH و افزایش هدایت الکتریکی شد. این در حالی بود که زمان هوادهی تأثیر معنی‌داری بر این دو ویژگی نشان نداد. همچنین با وجـود مقـدار کـل بیشتر عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در ورمی‌کمپوست نسبت به کود گاوی، چای حاصل از آن حاوی مقـادیر کمتـری از آمونیـوم، فسـفر و پتاسیم محلول بود. این نتایج نشان می‌دهد که در شرایط این آزمایش تجزیه‌پذیری زیستی ورمی‌کمپوست کمتر از کود گاوی بوده است.

References

1. Albiach, R., Canet, R., Pomares, F., & Ingelmo, F. (2000). Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology*, *75*(1), 43-48. https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00030-4
2. Barker, A.V., & Bryson, G.M. (2006). Comparisons of composts with low or high nutrient status for growth of plants in containers. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *37*(9-10), 1303-1319. https://doi.org/10.1080/00103620600626460
3. Bremner, J.M., & Mulvaney, C.S. (1982). Nitrogen total. *Methods of soil analysis*. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 595-624.
4. FAO, Soils Bulletin 21. (1972). Calcareous soils. Report of the FAO/UNDP regional seminar on reclamation and management of calcareous soils.
5. Fathima, M., & Sekar, M. (2014). Studies on growth promoting effects of vermiwash on the germination of vegetable crops. *International Journal of Current Microbiolgy Applied Science*, *3*(6), 564-570.
6. Gopal, M., Gupta, A., Palaniswami, C., Dhanapal, R., & Thomas, G.V. (2010). Coconut leaf vermiwash: A bio-liquid from coconut leaf vermicompost for improving the crop production capacities of soil. *Current Science*, *10*, 1202-1210.
7. Gorliczay, E., Pecsmán, D., & Tamás, J. (2018). Testing laboratory parameters of compost tea. Acta *Agraria Debreceniensis*, *75*, 31–36. https://doi.org/10.34101/actaagrar/75/1642
8. Haggag, W.M., & Saber, M.S.M. (2007). Suppression of early blight on tomato and purple blight on onion by foliar sprays of aerated and non-aerated compost teas. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 5(2), 302-309.
9. Ingham, E. (2005). The compost tea brewing manual. vol. 728. Soil Foodweb Incorporated Oregon, Corvallis, OR, USA.

10. Islam, M.K., Yaseen, T., Traversa, A., Kheder, M.B., Brunetti, G., & Cocozza, C. (2016). Effects of the main extraction parameters on chemical and microbial characteristics of compost tea. *Waste Management*, *52*, 62-68. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.042
11. Islam, M., Ali, S., & Hayat, R. (2009). Effect of integrated application of phosphorus and sulphur on yield and micronutrient uptake by chickpea (*Cicer arietinum*). *International Journal of Agriculture and Biology*, *11*(1), 33-38.
12. Kim, M.J., Shim, C.K., Kim, Y.K., Hong, S.J., Park, J.H., Han, E.J., Kim, J.H., & Kim, S.C. (2015). Effect of aerated compost tea on the growth promotion of lettuce, soybean, and sweet corn in organic cultivation. *The Plant Pathology Journal*, *31*(3), 259-268. htpps://doi.org/10.5423/PPJ.OA.02.2015.0024
13. Koné, S.B., Dionne, A., Tweddell, R.J., Antoun, H., & Avis, T.J. (2010). Suppressive effect of non-aerated compost teas on foliar fungal pathogens of tomato. *Biological Control*, *52*(2), 167-173. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.10.018
14. Martin, C.C.G., Dorinvil, W., Brathwaite, R.A.I., & Ramsubhag, A. (2012). Effects and relationships of compost type, aeration and brewing time on compost tea properties, efficacy against *Pythium ultimum*, phytotoxicity and potential as a nutrient amendment for seedling production. *Biological Agriculture & Horticulture*, *28*(3), 185-205. https://doi.org/10.1080/01448765.2012.727667
15. Murphy, J.A.M.E.S., & Riley, J.P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, *27*, 31-36. https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)88444-5
16. Naidu, Y., Meon, S., Kadir, J., & Siddiqui, Y. (2010). Microbial starter for the enhancement of biological activity of compost tea. *International Journal of Agriculture and Biology*, *12*(1), 51-56.
17. Pant, A., Radovich, T.J.K., Hue, N.V., and Arancon, N.Q. (2011). Effects of vermicompost tea (aqueous extract) on pak choi yield, quality, & on soil biological properties. *Compost Science & Utilization*, *19*(4), 279-292. https://doi.org/10.1080/1065657X.2011.10737010
18. Scheuerell, S., & Mahaffee, W. (2002). Compost tea: principles and prospects for plant disease control. *Compost Science & Utilization*, *10*(4), 313-338. https://doi.org/10.1080/1065657X.2002.10702095
19. Scheuerell, S.J., & Mahaffee, W.F. (2004). Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology*, *94*(11), 1156-1163. htpps://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.11.1156
20. Shaban, H., Fazeli-Nasab, B., Alahyari, H., Alizadeh, G., & Shahpesandi, S. (2015). An overview of the benefits of compost tea on plant and soil structure. *Advances in Bioresearch*, *6*(61), 154-158. htpps://doi.org/10.15515/abr.0976-4585.6.1.15415
21. Walkley, A., & Black, I.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, *37*(1), 29-38. htpps://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003
22. Yan, F., Schubert, S., & Mengel, K. (1996). Soil pH increases due to biological decarboxylation of organic anions. *Soil Biology and Biochemistry*, *28*(4-5), 617-624. https://doi.org/10.1016/0038-0717(95)00180-8